

Jarmo Matilainen

# Piikiekkojen käsittelykasettien vertailu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Materiaali- ja pintakäsittelytekniikka

Insinöörityö

2013

Tekijä Otsikko	Jarmo Matilainen Piikiekkojen käsittelykasettien vertailu
Sivumäärä Aika	22 sivua 28.1.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Materiaali -ja pintakäsittelytekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Materiaalitekniikka
Ohjaajat	Yliopettaja Kai Laitinen Prosessi-insinööri Elina Halonen
<p>Työ tehtiin Murata electronics Oy:lle. Tarkoituksena oli vertailla kahta eri piikiekkojen kuljetuskasettia toisiinsa. Toinen kuljetuskasetista oli valmistettu polypropeenista ja toinen polykarbonaatista. Tällä hetkellä tuotannossa käytössä oleva kasetti on valmistettu polypropeenista</p> <p>Testeissä vertailtiin partikkelien irtoamista kaseteista sekä kiekkojen ja kiekkoille levitetyn pinnoitteen naarmuuntumista kaseteissa. Kasettimateriaalien pinnankarheudet mitattiin näiden testien yhteydessä. Materiaalien sähköstaattisia ominaisuuksia selvitettiin Rpp-mittauksilla. Materiaaleille suoritettiin myös Taber-kulutustesti.</p> <p>Polykarbonaattikasetti naarmutti testeissä kiekkoja enemmän. Tämä materiaali kului myös Taber testissä selkeästi enemmän. Sähköstaattisissa ominaisuuksissa ei havaittu merkittävää eroa kasettien välillä.</p> <p>Testien tulokset olivat selvät. Polypropeenikasetti on edelleen parempi vaihtoehto kuin polykarbonaattikasetti Murata electronics Oy:n tuotantoon. Tämä kasetti pärjasi kaikissa muissa paitsi sähköstaattisissa testeissä paremmin kuin polykarbonaattikasetti.</p>	
Avainsanat	polypropeeni, polykarbonaatti, esd, esa, kuluminen, Taber

Author Title	Jarmo Matilainen Comparing Wafer Carriers
Number of Pages Date	22 pages 28 January 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Materials Technology and Surface Engineering
Specialisation option	Materials Technology
Instructor(s)	Kai Laitinen, Principal Lecturer Elina Halonen, Process Control Engineer
<p>This thesis was commissioned by Murata Electronics Oy. The purpose of the thesis was to compare two different wafer carriers. One carrier was made of polypropen and the other of polycarbonate. Currently the production uses polypropen wafers.</p> <p>The tests compared the particle shedding of carriers and the scratching of the wafers. The Carrier's surface roughness was measured at the same time. Electrostatistic charging tests for carriers were performed by Rpp-measurement. Also the Taber abrasion test was performed for carries.</p> <p>Polycarbonate carrier scratched wafers more than polypropen carrier. This material also abraded more in the Taber-abrasion test. The Electrostatistic features were almost the same.</p> <p>The results of the tests were clear. The polypropen carrier is still better choice for Murata electronics productions. The polypropen carrier was better in all of the tests except the electrostatistic test</p>	
Keywords	polypropen, polycarbonate, esd, esa, abrasion, Taber

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	2
2	Puhdastilat	2
3	Sähköstaattinen varautuminen	3
4	Kasettimateriaalit	4
4.1	Polykarbonaatti	4
4.2	Polypropeeni	4
5	Partikkelitestit ja pinnankarheusmittaukset	5
5.1	Tulokset	6
6	Resistin naarmuuntuminen	10
6.1	Suoritus	10
6.2	Tulokset	11
7	Sähköstaattinen varautuminen	15
7.1	Tulokset	16
8	Taber-kulutustestit	17
8.1	Suoritus	17
8.2	Tulokset	18
9	Johtopäätökset	20
	Lähteet	21

**Lyhenteet**

MFI	Murata electronics Oy
ESA	Electrostatic Attraction
ESD	Electrostatic discharge
HEPA	High efficiency Particulate Air filter
MEMS	Micro Electro Mechanical Systems
PC	Polykarbonaatti
PP	Polypropeeni
Rpp	Point to point resistance

## 1 Johdanto

Murata electronics Oy on yritys, joka kehittää ja valmistaa mems-antureita. Tällaisia tuotteita ovat kiihtyvyyssanturit, kallistusanturit ja kulmanopeusanturit. Mems-anturit ovat komponentteja, joissa esimerkiksi mekaaninen taipuma muutetaan sähköiseksi signaaliksi (esim. kiihtyvyyssanturit). Mems-antureita sovelletaan esimerkiksi autoteollisuudessa, terveysteknologiassa ja kulutuselektroniikassa. [3]

Projektin tarkoituksena on löytää parempi piikiekkojen käsittelykasetti MFI:n anturinvalmistus-tuotantoon. Nykyisten käytössä olevien kasettien ongelmana on materiaalin puutteellinen jäykkyys ja lujuus sekä mekaaninen kuluminen. Tämä aiheuttaa ongelmia tuotantolaitteissa. Kiekot voivat esimerkiksi jäädä jumiin tuotantolaitteisiin, koska kasetit ovat menettäneet oikeaa muotoaan. Lisäksi kaikki tuotannossa tapahtuva työ on puhdistilatyötä, jolloin kaseteista irtoavat kulumispartikkelit voivat olla haitallisia.

Testeissä selvitettiin partikkelien irtoamista, kiekkojen naarmuuntumista sekä sähköistä varautumista.

## 2 Puhdastilat

Puhdastila on huone, jonka ilman hiukkaspitoisuutta valvotaan, ja joka on rakennettu siten, että hiukkasten pääsy ja kerääntyminen huoneen sisälle on minimoitu. Lisäksi muita suureita esim. lämpötilaa, kosteutta ja ilmanpainetta seurataan tarpeen mukaan. Puhdastilan tehtävä on taata edellytykset suojata kohteet ympäristön kontaminaatiolta. Puhdastiloille määritetään puhtausluokat (ISO 1 – 9), jotka määrittävät suurimpia sallittuja hiukkaskokojen pitoisuuksia (taulukko 1.).

Puhdastiloissa käytettävien materiaalien tulee olla puhtaita ja sellaisia, ettei niistä irtoa epäpuhtauksia. Partikkelien lähteitä puhdastiloissa ovat mm. puhdastilahaalarit, hanskat, kalusteet, koneet ja ihmiset. Työskentelyssä pyritään siihen, että tuotteisiin tarvitsisi koskea käsin/pinseteillä mahdollisimman vähän. Puhdastiloissa ilmanvaihto on järjestetty koneellisesti ja se kulkee HEPA-suodattimen läpi (High Efficiency Particulate Air filter). Ilma puhalletaan ylhäältä alaspäin ja se poistuu lattiassa olevien reikälaattojen läpi. Tätä kutsutaan laminaarivirtaukseksi. [1;2]

Taulukko 1.  
s.27]

Suurimmat sallitut partikkelipitoisuudet kuutiometrissä ilmaa. [17

	<u>&gt; 0,1 µm</u>	<u>&gt; 0,2 µm</u>	<u>&gt;0,3 µm</u>	<u>&gt;0,5 µm</u>	<u>&gt; 1 µm</u>	<u>&gt; 5 µm</u>
<b>ISO 1</b>	10	2				
<b>ISO 2</b>	100	24	10	4		
<b>ISO 3</b>	1 000	237	102	35	8	
<b>ISO 4</b>	10 000	2 370	1 020	352	23	
<b>ISO 5</b>	100 000	23 700	10 200	3 520	832	29
<b>ISO 6</b>	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
<b>ISO 7</b>				352 000	83 200	2 930
<b>ISO 8</b>				3 520 000	832 000	29 300
<b>ISO 9</b>				35 200 000	8 320 000	293 000

### 3 Sähköstaattinen varautuminen

Staattista sähköä syntyy, kun kaksi eri ainetta olevaa kappaletta hankaavat toisiaan. Toiseen kappaleeseen siirtyy positiivinen ja toiseen negatiivinen varaus. ESA (Electrostatic Attraction) tarkoittaa partikkelien sähköstaattista tarttumista materiaalin pintaan[2;20]. Tällöin tuote ja partikkelit ovat varautuneet vastakkaismerkkisesti, jolloin ne vetävät toisiaan puoleensa. Tämä kontaminoituminen voi aiheuttaa komponenttien vi-  
kaantumista tai toiminnallisia häiriöitä. ESD (Electrostatic discharge) on staattisen säh-  
kön purkaus, joka on raju ja nopea tapahtuma. ESD-purkaus tapahtuu, kun kentän  
voimakkuus kahden pisteen välillä ylittää väliaineen läpilyöntilujuuden. Ilman ollessa  
kyseessä noin 4 MV/m. ESD-purkaus saattaa aiheuttaa välitöntä tuhoa herkissä raken-  
teissa. ESD-riskiä pienennetään elektroniikkateollisuudessa ESD-suojauksella. Eli  
mahdolliset staattiset varaukset johdetaan hallitusti maahan. ESD ja ESA riskiä pie-  
nennetään myös käyttämällä ionisaattoreita. Ionisaattorit puhaltavat positiivisesti ja  
negatiivisesti varautuneita ioneita ympärilleen. Nämä varaukset kumoavat mahdolliset  
staattiset varaukset.[5;6;7]

## 4 Kasettimateriaalit

### 4.1 Polykarbonaatti

PC-muovien merkittävin ominaisuus on niiden iskunkestävyys. Polykarbonaatti on amorfinen kestopuovi, vaikka siinä esiintyykin lievää kiteisyyttä. PC on hyvin iskuluja materiaali. Sillä on paras loveamaton iskulujuus kaikista muoveista. Lisäksi PC on jäykkää ja sillä on vain vähän virumistaipumusta. PC:n heikkoja ominaisuuksia on heikko kemiallinen kestävyys ja UV-säteilyn kesto. PC ei kestä voimakkaita liuottimia ja monet emäkset vaurioittavat sitä. Lisäksi kuuma vesi voi aiheuttaa PC:ssä säröilyä. Tämän takia tätä muovia ei suositella yli 60 asteisen veden käsittelyyn. Lisäksi PC:llä on taipumus murtua hauraasti monissa käytännön sovelluksissa. Näitä heikkoja ominaisuuksia voidaan jossain määrin parantaa seostamalla. Polykarbonaatin yleisiä ominaisuuksia on koottu taulukkoon 2. Yleisesti PC:stä valmistetaan CD-levyjä, muoviasi- oita esimerkiksi tuoppeja ja suojalasien linsskejä. [8;9, s.210–211; 10, s.34]

### 4.2 Polypropeeni

PP on hyvin yleinen kestopuovi, jota käytetään muun muassa köysissä, levyissä ja kalvoissa. Se soveltuu hyvin edellä mainittuihin, koska sillä on hyvät lujuusominaisuu- det (Taulukko1.) ja sen on steriloitavissa. PP on erittäin vastustuskykyinen muovi liuot- timille, emäksille ja hapoille. Kuitenkin polypropeeni turpoaa hiukan orgaanisten luotti- mien vaikutuksesta huoneen lämpötilassakin. PP on myös herkkä vanhenemiselle ha- pettavissa olosuhteissa ja korkeissa lämpötiloissa. Vanheneminen alkaa erittäin nope- asti ja vaikuttaa huonontavasti polypropeenin mekaanisiin ominaisuuksiin. Taulukkoon 2. on koottu muovilaatujen mekaanisia ominaisuuksia. [9, s.176–178;10, s.18–19; 11]

Taulukko 2. Polypropeenin ja polykarbonaatin ominaisuuksia [8] [11]

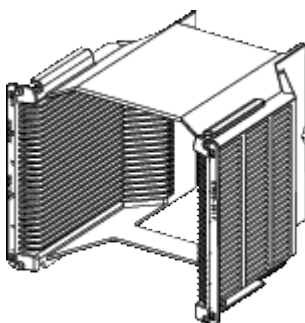
Ominaisuus	PP	PC
Kovuus (Shore)	72	82
Kimmomoduuli, veto (MPa)	1300	2300
Vetolujuus (MPa)	32	65
Murtovenymä (%)	>50	80
Ylin käyttölämpötila (°C)	100-150	115-140



## 5 Partikkelitestit ja pinnankarheusmittaukset

Työssä vertailtiin tuotannossa käytössä olevaa Wafercare Pa182-60 mc -kasettia vaihtoehtoiseen DMS:n kasettiin. Wafercaren kasetti on materiaaliltaan polypropeenaa ja DMS:n kasetti on polykarbonaattia [12;13].

Kiekkokasetteja tarvitaan MFI:llä piikiekkojen kuljettamiseen vahingoittumattomana ja puhtaana prosessivaiheesta toiseen tuotannossa. Kasettien tulisi olla mekaanisesti riittävän jäykkiä ja materiaaliltaan sellaista, ettei niistä irtoa partikkeleja. Kasetit eivät myöskään saisi vaurioittaa kiekkoja. Käytössä olevat kasetit ovat materiaaliltaan polypropeenaa ja niissä voi kuljettaa 25 kiekkoa kerrallaan. (kuva 1.)



Kuva 1. Kiekkokasetti [13]

Kasettien kulumista tutkittiin mittaamalla lastattavien piikiekkojen pinnan partikkelimäärien muutokset partikkelimittarilla. Partikkelimittarin toiminta perustuu laseriin. Lasersäde heijastuu pinnan epätasaisuudesta eri tavalla kuin puhtaalta pinnalta. Tällainen epätasaisuus näkyy mittarin scannaamassa kuvassa. Partikkelimittari tunnistaa myös naarmut ja urat partikkeleiksi, joten kaikissa tapauksissa lasketut partikkelimäärät eivät pidä täysin paikkaansa.

Kiekkokasetteihin lastattiin neljä testikiekkoa, yhdet ylä- ja alareunaan ja kaksi keskelle kasettia. Testikiekot ovat piistä valmistettuja täysin sileitä kiekkoja, joille ei ole työstetty mitään kuvioita. Muut kasetin paikat täytettiin tuotannossa käsiteltävillä kiekkoilla. Testin aluksi partikkelimäärät mitattiin testikiekoilta ennen kiekkojen asettamista kasetteihin.

Tämän jälkeen suoritettiin mekaanisella kiekonsiirtäjällä 30 edestakaista siirtoa, minkä jälkeen mitattiin partikkelimäärät uudelleen. Testiä jatkettiin vielä 30 siirrolla ja mitattiin partikkelit vielä kertaalleen. Testit suoritettiin kahteen kertaan kummallekin kasettimateriaalille: ennen pesua ja pesun jälkeen. Pesu suoritettiin koneellisesti, kuten tuotanto-käytössä oleville kaseteille suoritetaan.

Pinnankarheusmittaukset suoritettiin Metropolia AMK:ssa yhdelle polypropeenikasetille ja yhdelle polykarbonaattikasetille. Pinnankarheusmittauksilla oli tarkoitus selvittää, kumpi kasettimateriaaleista voi aiheuttaa enemmän naarmuja kiekkoille. Suurempi pinnankarheus todennäköisemmin naarmuttaa enemmän kiekkoja. Polypropeenikasetti oli tuotannosta poistettu käytetty kasetti ja polykarbonaattikasetti oli käyttämätön.

Pinnankarheus mittarissa anturin kärki pyyhkäisee tutkittavaa pintaa ja antaa tämän jälkeen näytölle mittaustulokset. Pinnankarheus mitattiin Ra-arvona. Ra-arvo kertoo pinnan aritmeettisen keskipoikkeaman ”huippujen” ja ”laaksojen” välillä. Mitä suurempi lukema on, sitä karheampi pinta. [14; 15, s.28]

## 5.1 Tulokset

Taulukoista 3,4,5 ja 6. ilmenee kuinka paljon testikiekkoihin kertyi partikkeleita tai naarmuja. Polypropeenikasettia testattaessa syntyi vain yksi naarmu kiekolle (taulukko 3.) ja (kuva 3). Tämä naarmu on todennäköisesti tullut pinseteistä tai jostain muusta kontaktista kuin kasetista, koska naarmu ei ole reuna alueella. Polykarbonaattikasetti naarmutti kiekkoja molemmissa testeissä (kuva 2. sekä taulukot 4. ja 5.). Partikkelimäärät lisääntyivät molemmissa kaseteissa melko saman verran. Tuloksista on myös havaittavissa, että osasta kiekkoista partikkelit jopa vähenivät testien aikana PP-kasetissa (taulukko 3. ja 5.) . Tulosten luotettavuuteen hiukan vaikuttaa se, ettei ensimmäisissä testeissä ymmärretty tallentaa partikkelimääriä testikiekoilta ennen testejä (taulukko 3. ja 4.). Lisäksi partikkelien lähteeksi ei voi varmuudella todentaa kasetteja, koska partikkelimateriaaleja ei käytetyllä laitteistolla pystytty selvittämään.

Pinnankarheusmittaus (taulukko 7.) todensi polykarbonaattikasetin pinnan selkeästi karheammaksi kuin polypropeenikasetin. Lisäksi keskihajonta oli PC-kasetin mittaustu-

loksissa suurempi, mikä kertoisi pinnanlaadun olevan epätasalaatuisempi kuin PP-kasetissa.

Taulukko 3. Ennen pesua PP-kasetissa olleiden kiekkojen partikkelien määrä

<b>PP-kasetti ennen pesua</b>			<b>Partikkelilisä (%)</b>
<b>Kiekon sijainti</b>	<b>partikkelit 30 siirtoa</b>	<b>partikkelit 60 siirtoa</b>	
yläreunassa	11	109(naarmu)	890
keskellä	4	5	25
keskellä	8	3	-63
alareunassa	11	9	-18

Taulukon 3. yläreunassa ollut kiekko on todennäköisesti naarmuuntunut jostain muusta kuin kasetista johtuvasta syystä. (kuva 3.) Partikkelit eivät juurikaan lisääntyneet muissa kiekkoissa, vaan jopa vähenivät kahdessa testissä olleessa kiekossa.

Taulukko 4. Ennen pesua PC-kasetissa olleiden kiekkojen partikkelien määrä

<b>PC-kasetti ennen pesua</b>			
<b>Kiekon sijainti</b>	<b>partikkelit 30 siirtoa</b>	<b>partikkelit 60 siirtoa</b>	<b>Partikkelilisä (%)</b>
yläreunassa	1	4	300
keskellä	27(naarmu)	24(naarmu)	-11
keskellä	23	25	9
alareunassa	3	4	33

Polykarbonaattikasetti naarmutti kiekkoa. Partikkelit eivät juuri lisääntyneet testin edetessä.

Taulukko 5.

Pesun jälkeen PC-kasetissa olleiden kiekkojen partikkelien määrä

<b><u>PC-kasetti pesun jälkeen</u></b>			
<b>Partikkelit ennen testejä</b>	<b>partikkelit 30 siirtoa</b>	<b>partikkelit 60 siirtoa</b>	<b>Partikkelilisä 60 siirrolla (%)</b>
8	11	16	100
3	51(naarmu)	59(naarmu)	1866
2	4	4	100
2	5	9	350

Polykarbonaattikasetti naarmutti uudelleen kiekkoa toistettaessa testi. Partikkeita ei syntynyt merkittävästi

Taulukko 6.

Pesun jälkeen PP-kasetissa olleiden kiekkojen partikkelien määrä

<b><u>PP-kasetti pesun jälkeen</u></b>			
<b>Partikkelit ennen testejä</b>	<b>partikkelit 30 siirtoa</b>	<b>partikkelit 60 siirtoa</b>	<b>Partikkelilisä 60 siirrolla (%)</b>
2	4	6	200
4	1	2	-50
1	16	21	2000
5	2	3	-40

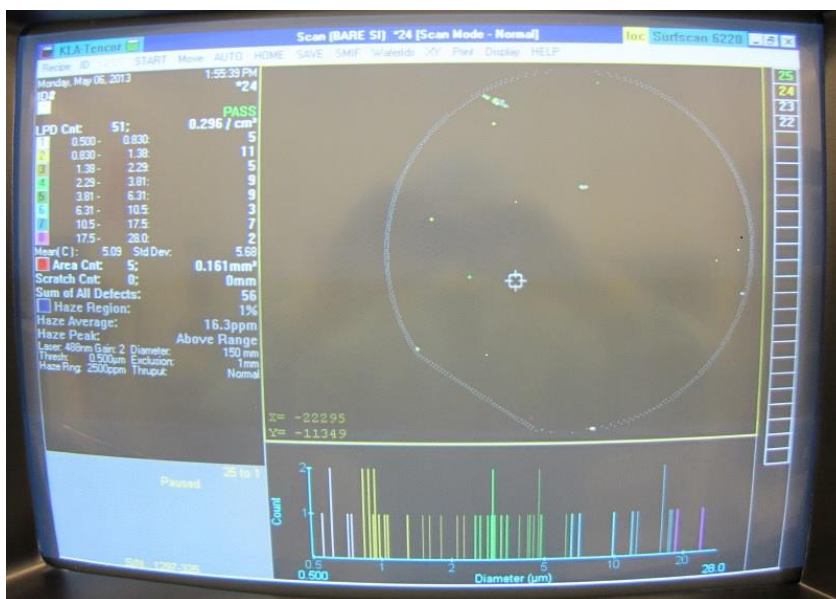
Polypropeenikasetti ei naarmuttanut kiekkoja toistettaessa testi. Yhdelle kiekkoista kertyi hieman enemmän partikkeleita kuin muille, mutta partikkelien lähdettä ei pystytty selvittämään.

Taulukko 7.

Pinnankarheudet (Ra) kiekkokaseteista

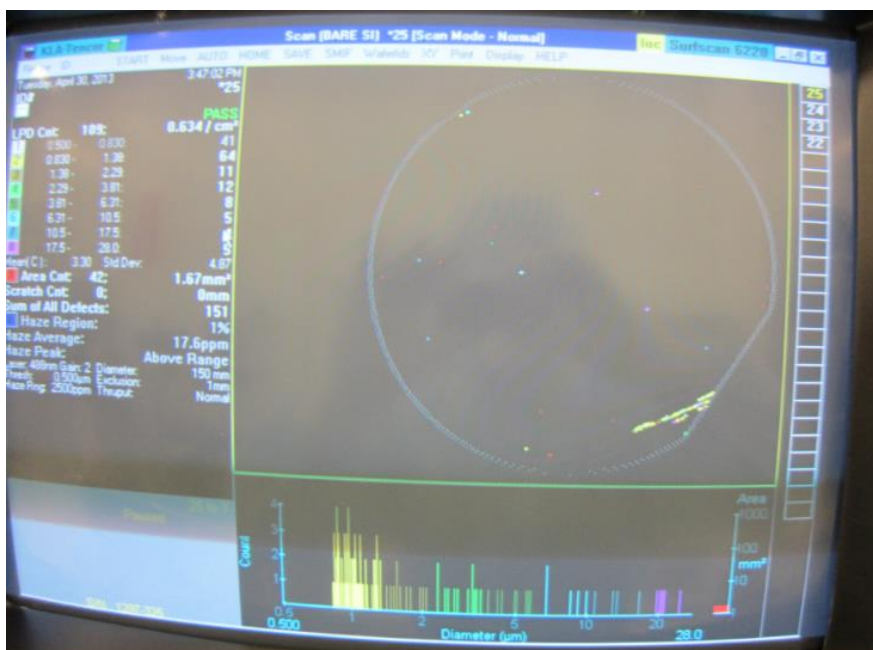
	<u>PP</u>	<u>PC</u>
	0,22	4,02
	0,22	3,72
	0,84	1,34
	0,22	1,32
	0,42	1,14
	0,68	3,08
	0,32	2,82
<b>Keskiarvo</b>	<b>0,4171429</b>	<b>2,491429</b>
<b>Keskihajonta</b>	<b>0,2496474</b>	<b>1,212758</b>

Pinnankarheusmittaus todensi polykarbonaattikasetin pinnaltaan karheammaksi. Tästä todennäköisesti johtui kiekkojen naarmuuntuminen partikkelitesteissä.



Kuva 2. Partikkelimittauksesta saatu PC-kasetissa olleen kiekon kuva 30 siirron jälkeen

Kuvassa 3. näkyy naarmu, joka on todennäköisesti aiheutunut jostain muusta, kuin kasetista. Naarmu on liian pitkä ja ulkona reunasta, jotta se olisi aiheutunut kasetista. Naarmu on todennäköisesti syntynyt pinseteistä kiekkoja käsiteltäessä.



Kuva 3. Partikkelimitauksesta saatu PP-kasetissa olleen kiekon kuva 30 siirron jälkeen

## 6 Resistin naarmuuntuminen

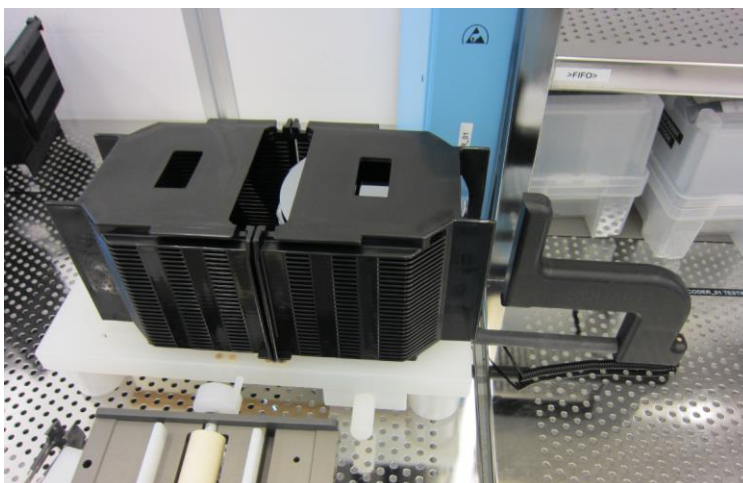
Resistipinnoitetta käytetään litografiassa. Litografiassa luodaan kiekkoille kuviointi resistimaskin avulla, jonka mukaan syövytetään tai etsataan kiekolle rakenteita.

Testeissä vertailtiin resistipinnoitteen naarmuuntumista eri kiekkokaseteissa. Kokeessa käytettiin kolmea eri kasettia: käytössä olevaa mustaa polypropeenikasettia, vaihtoehtoisia polykarbonaattikasettia sekä tuotantokäytöstä poistettua alumiinista valmistettua kasettia. Resistipinnoite ei saisi naarmuuntua, koska kiekon syövytys/etsausvaiheessa kuviointi menee samalla pilalle. Tällöin kiekko syöpyy myös ei-toivotuilta alueilta.

### 6.1 Suoritus

Työssä käytettiin testiekkoja, joiden pinnalle oli levitetty kerros resistiä. Kiekoja käytettiin 3 kpl/kasetti. Kiekot tarkastettiin ennen testejä mikroskoopilla ja niiden reunoista otettiin vertailukuvat. Tämän jälkeen kiekot ladattiin testissä olevaan kasettiin ja siirrettiin mekaanisella kiekon siirtäjällä viisi kertaa edestakaisin kasetista toiseen (kuva 4.). Tämän jälkeen tutkittiin kiekkojen naarmuja mikroskoopilla. Testiä jatkettiin viidellä

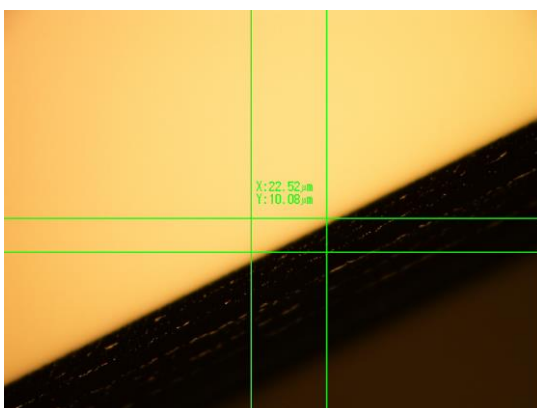
edestakaisella siirrolla ja tutkittiin reunat vielä uudelleen. Mikroskoopissa käytettiin 10 kertaista suurennosta.



Kuva 4. Mekaaninen kiekonsiirtäjä

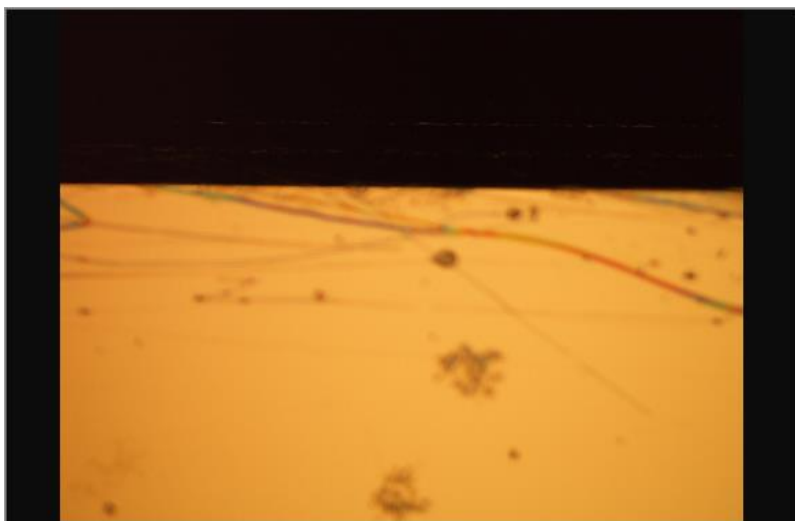
## 6.2 Tulokset

Kuvassa 5. on testikiekko ennen testejä. Reuna on tasaisen kiiltävä ja virheetön kauttaaltaan. Tältä kaikki testikiekot näyttivät ennen testejä. Resistin heijastuu kuvissa keltävänä, kun taas pinnoittamattomat kiekot heijastuisivat kuvassa täysin kirkkaina.



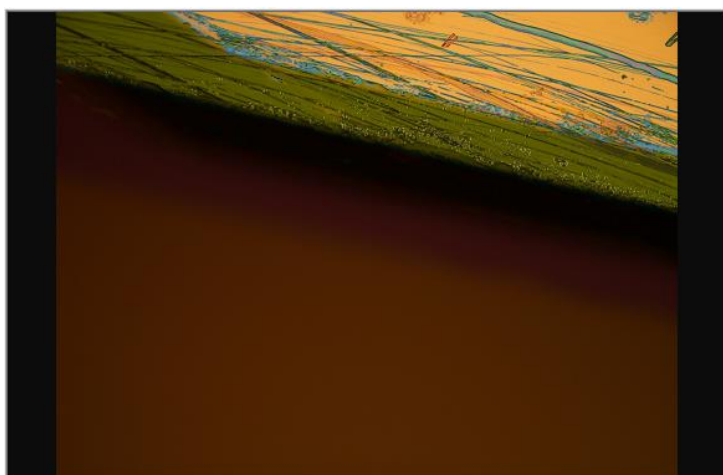
Kuva 5. Resistin pinta ennen testejä. Reuna on ehjä ja naarmuton (10 kertainen suurennos)

Kuvissa 6. ja 7. näkee, kuinka kiekot naarmuuntuivat PP-kasetissa. Naarmuja tuli testin aikana, mutta resistikerros ei mennyt puhki missään vaiheessa. Naarmuja ei tietenkään pysty täysin välttämään kiekkoja käsiteltäessä, mutta ne olisi hyvä minimoida.



Kuva 6. Kiekon reuna 5 siirron jälkeen PP-kasetista, reunassa on pintanaarmuja

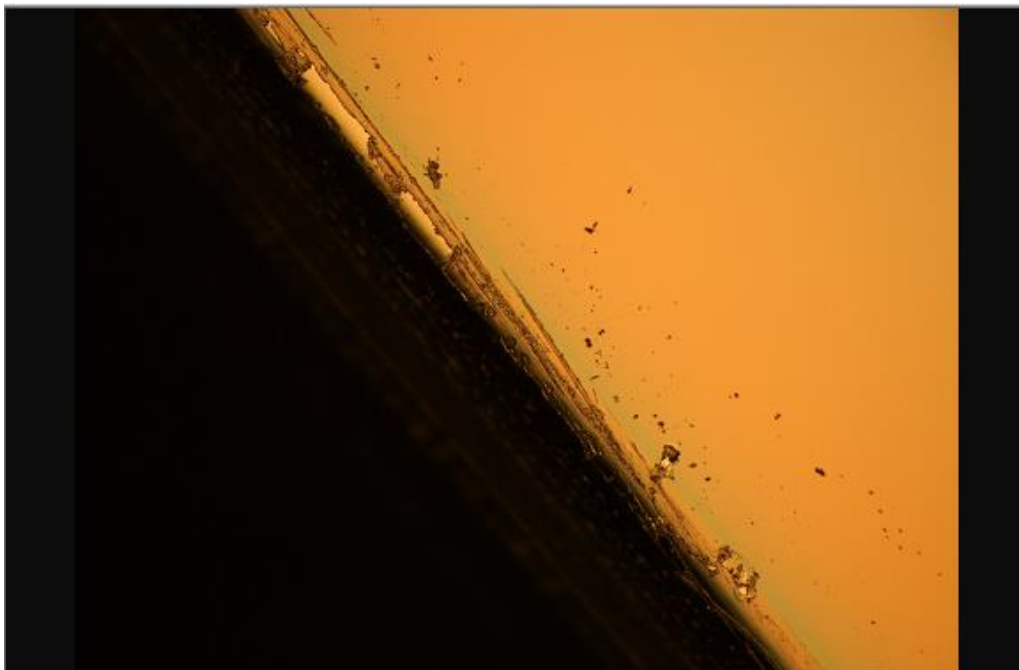
Naarmut lisääntyivät testin edetessä, mikä oli odotettavaa. (kuvat 6. ja 7.)



Kuva 7. Kiekon reuna 10 siirron jälkeen PP-kasetista, reunassa paljon pintanaarmuja

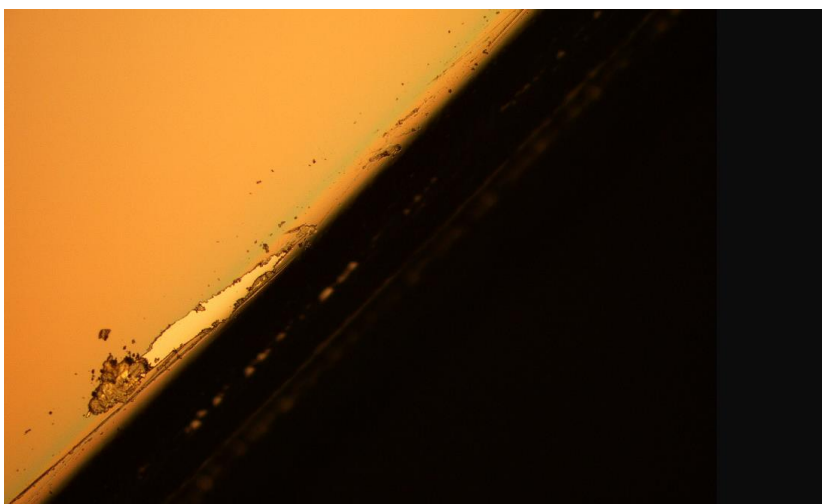
Kuvissa 8. ja 9. näkyy PC -kasetissa ollut kiekko. Resistikerros naarmuuntui puhki heti ensimmäisten siirtojen jälkeen ja naarmut syvenivät testin edetessä.





Kuva 8. Kiekon reuna viiden siirron jälkeen PC-kasetissa, resistikerros puhki

Polykarbonaattikasetti aiheutti syvempiä naarmuja kuin polypropeenikasetti, joten tässä testissä se pärjäsikin muovikaseteista heikoimmin.



Kuva 9. Kiekon reuna 10 siirron jälkeen PC-kasetissa, resistikerros puhki

Kuvissa 10. ja 11. on alumiinikasetissa testattu kiekko. Resistin on irronnut selkeästi isoilta alueilta reunasta jo ensimmäisten siirtojen jälkeen.



Kuva 10. Kiekon reuna viiden siirron jälkeen alumiinikasetissa, resistikerros puhki

Alumiinikasetti aiheutti selkeästi syvimät naarmut kiekkoille. Kiekkojen naarmut syvenivät ja laajenivat entisestään testiä jatkettaessa.



Kuva 11. Kiekon reuna 10 siirron jälkeen alumiinikasetissa, resisti puhki

Parhaiten testissä selvisi PP-kasetti. Syvimät naarmut aiheutti kuitenkin tuotantokäytöstä poistettu alumiinikasetti. PC-kasetin aiheuttamat naarmut selittyvät suuremmalla pinnankarheudella, joka on todennettu aiemmissa testeissä.

## 7 Sähköstaattinen varautuminen

Sähköstaattista varautumista tutkittiin Murata electronicsin tuotantotiloissa. Mittaukset suoritettiin PP ja PC-kaseteille. Mittauksissa mitattiin sähköstaattista varautumista, joka voi aiheuttaa ESA ja ESD varautumista. Mittaukset suoritettiin Rpp-mittauksena (Point to point resistance), eli mitattiin resistanssimittarilla vastusta pisteestä pisteeseen laittamalla mittauselektrodit mitattavan materiaalin pinnoille. Mittausetäisyys pisteiden välillä oli noin 12 cm. Kasetit varattiin staattisella jännitteellä hankaamalla niitä mikro-kuituliinalla ja tämän jälkeen tutkittiin, kuinka hyvin kasetit ovat maadoitettuna eri tilanteissa. Jos staattista jännitettä ei ole mitattavissa, on maadoitus riittävän hyvä. Jos taas kappaleeseen alkaa muodostua staattinen jännite varaamisen takia, tiedetään, että kasetin maadoitus saattaa olla heikko tai ei riittävän hyvä.

Sähköstaattista varautumista mitattiin kolmessa erilaisessa tilanteessa. Metallitason päällä kasetti vaakatasossa, jolloin testi simuloi tilannetta kasetin ollessa tuotantolaitteessa (kuva 12.).



Kuva 12. Kasetti metallialustalla, simuloi tilannetta tuotantolaitteella

Puisella työpöydällä mittaukset suoritettiin kasetti pystyasennossa jalastensa päällä, jollaisessa asennossa kasetit lepäävät varastossa. Lopuksi sama mittaus suoritettiin kasettien roikkuessa ilmassa (kuva 13).



Kuva 13. Kasetin varautumisen mittaaminen roikkuvana ilman maadoitusta

Lisäksi mitattiin jännityksen purkautumista staattisen varautumisen jälkeen. Kasetit varattiin ensin jännitteellä, joka otettiin ulkoisesta varauslähteestä. Tämän jälkeen sekuntikellon ja jännitemittarin kanssa mitattiin jännitteen purkautumiseen menevä aika.

## 7.1 Tulokset

Kasetit eivät eronneet merkittävästi toisistaan. Saatujen tulosten mukaan PC-kasetti varautuu roikkuvana jonkin verran enemmän kuin tuotannossa käytössä oleva PP-kasetti (Taulukko 8.). Metallitasolla ollessaan kasetit eivät varautuneet merkittävästi. Mittausten perusteella kasettien ESD ominaisuuksissa ei todennäköisesti ole merkittävää eroa

Taulukko 8.

Sähköstaattiset arvot

	<u>Polypropeeni kasetti</u>	<u>Polykarbo- naatti kasetti</u>
<u>Rpp</u>		
Resistanssi kiekkokasetista puiseen EPA-työpöytään	10 kΩ	> 20 GΩ
Kasetti pystyssä jalasten päällä		
Kasetti vaakatasossa metallitason päällä, simuloi koneessa oloa	50kΩ	< 50 kΩ
Kiekkokasetin varaus puisella EPA pöydällä	10 V/1 400 V/m	60 V/1 2,4 kV/m
Kiekkokasetin varaus roikkuvana maadoittamatta	100 V/1	800 V/1 32 kV/m
<u>Kasetti varattu staattisella lähteellä</u>		
Jännitteen purkautuminen puisella EPA työpöydällä	300 V	400 V
Purkausaika	2-3 s	8 s

## 8 Taber-kulutustestit

Kokeiden tarkoituksena oli selvittää painohäviömittauksin, kumpi vertailtavista kasettimateriaaleista kuluu enemmän taber-kulutus testissä. Kuluminen aiheuttaa irtoavia partikkeleita. Taber-testissä kahta kulutusrullaa pyöritetään testattavalla pinnalla ennalta määrätty kierrosmäärä, jonka jälkeen mitataan painohäviö.

### 8.1 Suoritus

Koetta varten kasettien kansista leikattiin testiä varten sopivan kokoiset levyt. Kappaleet punnittiin ennen testejä analyysivaakalla. Taber -testeriin asetettiin CS-10 kulutusrullat ja painoina käytettiin minimi 250 gramman painoja/rulla. Testerillä ajettiin 300

kierrosta kerrallaan, jonka jälkeen kappaleet punnittiin välillä. Koe toistettiin viisi kertaa. Lopuksi ajettiin testi kahteen kertaan 500 gramman painoilla/rulla ja 600 kierroksella.

## 8.2 Tulokset

Taulukoissa 9. ja 10. on koottuna testien tulokset. Tuloksista selviää, että PC-kasetin materiaali kului testeissä enemmän.

Taulukko 9. Testitulokset 250 gramman painoilla ajetusta taber-testistä

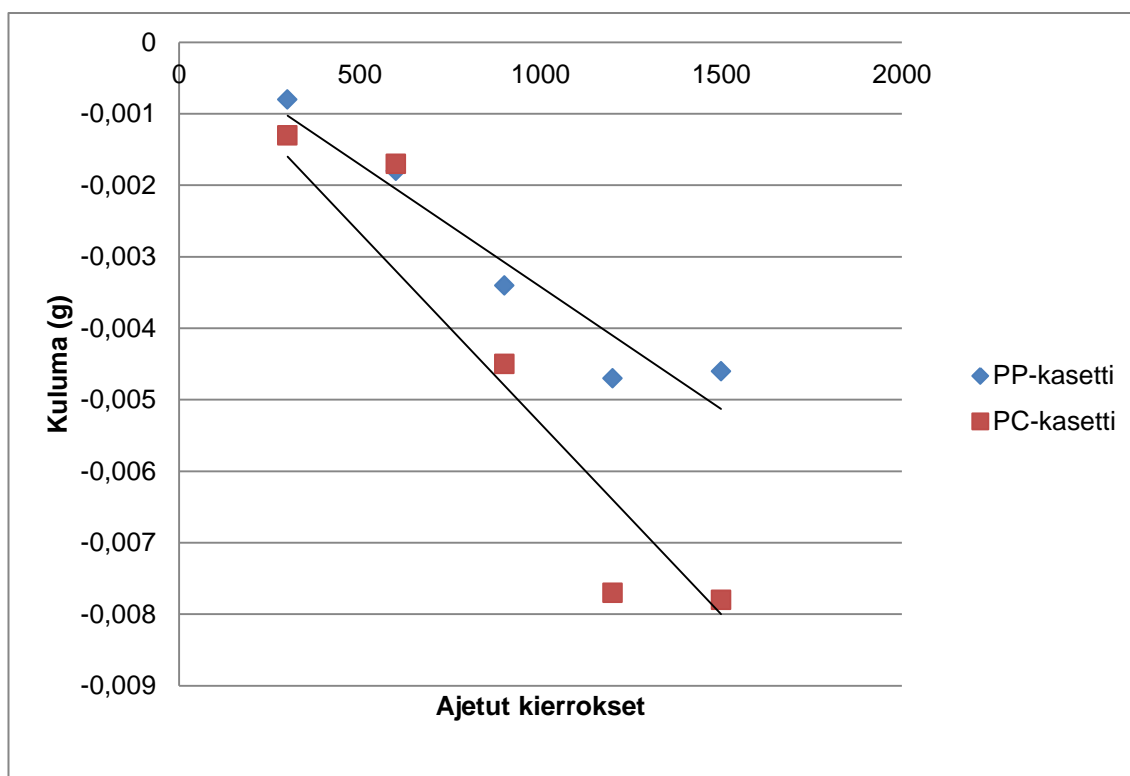
Ajetut kierrokset	PC-kasetin koepalan massa (g)	PP-kasetin koepalan massa (g)
0	59,7057	43,4987
300	59,7044	43,4979
600	59,704	43,4969
900	59,7012	43,4953
1200	59,698	43,494
1500	59,6979	43,4941
<b>Muutos yht</b>	<b>0,0078</b>	<b>0,0046</b>

Kuormitusta lisättiin, koska haluttiin nähdä kiihtyykö materiaalien kulumisen ja onko polykarbonaatti kulumisherkempi materiaali myös kovemmassa kuormituksessa.

Taulukko 10. Testitulokset 500 gramman painoilla ajetusta taber-testistä

Ajetut kierrokset	PC-kasetin koepalan massa (g)	PP-kasetin koepalan massa (g)
0	59,6979	43,4941
600	59,6911	43,4889
1200	59,6836	43,4905
<b>Muutos yht</b>	<b>0,0143</b>	<b>0,0036</b>

Kuvassa 14. on kasettimateriaalien kuluma esitettynä graafisesti 250 gramman kuormalla ajettuna. Kuvasta näkee, että polykarbonaatin massa pieneni jyrkemmin kuin polypropeenin.



Kuva 14. Kasettimateriaalien massanmuutos kierrosmäärän funktiona Taber-kokeessa 250 gramman kuormalla

PC kasetti todennäköisesti aiheuttaisi tuotantokäytössä enemmän partikkeleita kuin PP-kasetti. PC-kasetin materiaalin kulumisen kiihtyi entisestään kuormitusta lisättäessä. PP-kasettimateriaali ei kulunut läheskään yhtä voimakkaasti kuormituksen lisäämisen jälkeen.

## 9 Johtopäätökset

Testien perusteella nyt tuotantokäytössä oleva PP-kasetti osoittautui paremmaksi kuin vertailtava kasetti. Suurin ongelma PC-kasetissa on sen aiheuttamat naarmut kiekkojen reunoille. Tämä voi aiheuttaa vakavia laatuongelmia tuotteissa. Tämän takia siirtymistä PC-kasettien käyttämiseen tuotannossa ei voi suositella.

Kasettien Muodossa pysymistä voisi myös yrittää parantaa käyttämällä erilaisia nostokahvoja, jotka tukevat samalla kasettia (kuva 15.).



Kuva 15. Kasettien nostokahvoja [16]

Wafercaren valikoimista löytyy myös PFA-muovista valmistettu kasetti. PFA on ominaisuuksiltaan lähellä Teflonia (PTFE-muovi) sillä on muunmuassa pieni kitkakerroin ja hyvät kemikaalin ja lämpötilankesto ominaisuudet. PFA on kuitenkin kovempaa kuin PTFE [18;19]. Pienen kitkakertoimen ansiosta materiaali ei todennäköisesti naarmuttaisi kiekkoja, mutta materiaali saattaisi kestää paremmin tuotanto-olosuhteissa.



## Lähteet

- 1 Puhdastilat päivitetty 11.3 2013  
<<http://fi.wikipedia.org/wiki/Puhdastila>> luettu 22.10.2013
- 2 Murata electronics 2013 Puhdastilat ja ESA
- 3 Murata electronics mems 2013  
<<http://www.murata-mems.fi/fi> > luettu 22.10.2013
- 4 Mems teknologia 2013  
<<http://www.murata-mems.fi/fi/murata/murata-electronics-oy/mems-teknologia>>  
luettu 22.10.2013
- 5 ESA electrostatic attraction 2005  
<[http://virtual.vtt.fi/virtual/staha/stahayhdistys/esa\\_tr1\\_lehtimaki.pdf](http://virtual.vtt.fi/virtual/staha/stahayhdistys/esa_tr1_lehtimaki.pdf) > luettu  
22.10.2013
- 6 ESA (Electrostatic Attraction) Katsaus ongelmiin ja mahdollisuuksiin 2005  
<[http://virtual.vtt.fi/virtual/staha/stahayhdistys/esa\\_tr1\\_paasi.pdf](http://virtual.vtt.fi/virtual/staha/stahayhdistys/esa_tr1_paasi.pdf)> luettu  
22.10.2013
- 7 Air ioniser <[http://en.wikipedia.org/wiki/Air\\_ioniser](http://en.wikipedia.org/wiki/Air_ioniser) > luettu 22.10.2013
- 8 PC-polykarbonaatti <<http://www.tuotteet.vink.fi/tuotteet/pc-polykarbonaatti.html> >  
luettu 22.10.2013
- 9 Seppälä Jukka 2005 Polymeeriteknologian perusteet Helsinki: Hakapaino Oy
- 10 Järvelä, Syrjälä, Vastela 1999 Ruiskuvalu Tampere:PlastdataOy
- 11 PP tekniset tiedot  
<[http://www.tuotteet.vink.fi/media/tuotteet/pp/vink\\_pp\\_esite\\_a4\\_web.pdf](http://www.tuotteet.vink.fi/media/tuotteet/pp/vink_pp_esite_a4_web.pdf) >  
luettu 22.10.2013
- 12 Wafer carrier <<http://www.dms-semi.de/6wafercarrier.html> > luettu 22.10.2013
- 13 150mm Transport Wafer Carriers <<http://www.wafercare.com/Page.aspx?id=17> >  
luettu 22.10.2013
- 14 Yli-pentti Arto 2009 Pintakäsittelyn perusteet Metropolia AMK

- 15 1999 SFS-EN ISO 4287
- 16 150mm Options and Accessories <<http://www.wafercare.com/Page.aspx?id=20> > luettu 13.11.2013
- 17 White. W John Wiley & Sons Ltd 2001 Cleanroom technology Fundamentals of Design, Testing and Operation England
- 18 PFA, perfluorialkoksi <<http://www.fluorotech.fi/pfa> > luettu 29.11.2013
- 19 PFA perfluorialkoksi  
<[http://www.industrialpp.fi/datafiles/userfiles/File/Fluorotech/Tuotteet/Tekniset\\_muovit\\_7.pdf](http://www.industrialpp.fi/datafiles/userfiles/File/Fluorotech/Tuotteet/Tekniset_muovit_7.pdf) > luettu 29.11.2013
- 20 Keränen 2009 ESD-laitteiston käyttöönotto Kajaanin ammattikorkeakoulu opin-  
näytetyö